

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 1959 — N° 7

Contribution à l'étude de la phosphorémie et de la calcémie chez les bovins à l'état normal et pathologique

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 10 Février 1959

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

PAR

Alain SALANSON

Né le 29 Juin 1934, à MONTPELLIER (Hérault)



LYON

Imprimerie BOSC Frères
42, quai Gailleton, 42

1959

CONTRIBUTION A L'ETUDE
DE LA PHOSPHOREMIE ET DE LA CALCÉMIE
CHEZ LES BOVINS
A L'ETAT NORMAL ET PATHOLOGIQUE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

**Contribution à l'étude
de la phosphorémie
et de la calcémie chez les bovins
à l'état normal et pathologique**

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 10 Février 1959

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

PAR

Alain SALANSON

Né le 29 Juin 1934, à MONTPELLIER (Hérault)



LYON

Imprimerie BOSC Frères
42, quai Gailleton, 42

—
1959

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ÉCOLE VÉTÉRINAIRE DE LYON

Directeur M. TAPERNOUX.

Professeurs honoraires	}	MM. BASSET. DOUVILLE. CUNY. JUNG.
------------------------------	---	--

PROFESSEURS

Physique et Chimie biologiques, Pharmacie, Toxicologie, Hygiène et Inspection du lait	MM. TAPERNOUX.
Anatomie descriptive, Anatomie appliquée	TAGAND.
Physiologie, Pharmacodynamie, Thérapeutique, Matière médicale	JUNG.
Histologie, Embryologie, Tératologie, Anatomie pathologique, Inspection des aliments d'origine animale	LUCAM.
Zoologie appliquée, Botanique appliquée, Parasitologie	EUZEBY.
Technique chirurgicale, Pathologie chirurgicale ..	COLLET.
Propédeutique, Sémiologie et pathologie des Monogastriques, des Oiseaux et Ruminants, Législation vétérinaire	FLORIO.
Pathologie de la reproduction, Obstétrique	BERTRAND.
Pathologie générale et Microbiologie, Maladies légalement contagieuses et Police sanitaire	JOUBERT.
Agronomie, Economie rurale, Zootechnie générale et génétique, Ethnologie, Hygiène, Alimentation	JEAN-BLAIN.

CHEFS DE TRAVAUX

MM. MAGAT, FLACHAT, FERNEY, COTTEREAU, Agrégés.
MM. RUCKEBUSCH, BUSSIERAS, OUDAR.

EXAMINATEURS DE LA THESE

Président : M. le Professeur PIGEAUD, de la Faculté de Médecine.
Premier Assesseur : M. le Professeur BERTRAND, de l'Ecole Vétérinaire.
Deuxième Assesseur : M. le Professeur FLORIO, de l'Ecole Vétérinaire.

La Faculté de Médecine et l'Ecole Vétérinaire déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation ni improbation.

A MES PARENTS

Je leur dois tout.

Puissent-ils trouver dans ce modeste travail un bien faible témoignage de ma profonde affection et de ma vive reconnaissance pour tous les sacrifices qu'ils se sont imposés pour moi.

A MA FEMME

Bien faible gage de mon amour.

Pour les longues années de fiançailles que mes études nous ont imposées.

Pour son courage dans nos moments difficiles.

A MON FILS

A MA SŒUR

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PIGEAUD
de la Faculté de Médecine de Lyon

Qui nous a fait le grand honneur
d'accepter la présidence du Jury de notre
Thèse.

Respectueux hommages.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BERTRAND

En témoignage de respectueuse reconnaissance pour la bienveillante attention qu'il a bien voulu nous accorder dans l'élaboration de ce travail.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR FLORIO

Qui a bien voulu accepter de juger
notre travail.

Témoignage de profonde gratitude.

AVANT-PROPOS

L'équilibre humoral de la vache laitière « moderne », sans cesse menacé par des productions en hausse constante, pose avec acuité le problème d'une alimentation équilibrée et, plus particulièrement, celui des apports phospho-calciques.

Notre but initial fut de vérifier si le dosage du phosphore et du calcium dans le sang des bovins pouvait constituer un test pour le diagnostic précoce des déséquilibres phospho-calciques en général et des ostéopathies malaciques en particulier.

Liegeois [41, 42, 43, 44, 45, 46, 47], Theiler et Green [58, 59], pensent que l'appréciation de la phosphorémie et de la calcémie est un critère précoce des ostéopathies malaciques ; Verstraete [62] est de l'avis contraire et pense que les variations des taux de phosphore et de calcium sont contemporaines des premiers symptômes cliniques.

En fait, les variations des taux de phosphorémie et de calcémie données par les recherches considérées comme classiques nous ont incité à reprendre le problème et à étudier, d'une part la validité des méthodes, d'autre part l'évolution de la phosphorémie et de la calcémie chez des bovins normaux entretenus dans des conditions physiologiques.

Alors que la plupart des auteurs ont cherché à multiplier le nombre des animaux explorés, nous nous sommes attaché à réaliser un grand nombre de dosages sur le même animal étudié plusieurs mois de suite. Dans le même temps, sur un prélèvement conservé plusieurs jours de suite au réfrigérateur, le sérum étant toujours en contact avec le caillot, nous avons dosé les taux de phosphore et de calcium.

Devant le peu de prélèvements envoyés par les confrères praticiens ruraux nous avons provoqué sur nos vaches d'expérience un déséquilibre alimentaire phospho-calcique pour obtenir des variations sanguines et contrôler ces variations par des dosages dans les os et les poils.

Ne nous occupant que des désordres chroniques du métabolisme, nous avons laissé de côté les états pathologiques aigus

et les troubles de la régulation phospho-calcique sanguine déjà étudiés par notre camarade BALLIGAND [4] dans la même série d'expériences.

Nous aurions aimé pratiquer une expérimentation plus étendue, recueillir plus d'observations pour donner une valeur statistique à nos conclusions ; chemin faisant nous avons abordé des problèmes connexes tels que les taux de phosphore et de calcium des os et des poils. Notre travail est modeste et n'envisage qu'un aspect bien limité des problèmes soulevés par l'étude de la phosphorémie et de la calcémie.

Cette thèse, travail d'équipe de Recherche, est le reflet de quatre années de travaux du laboratoire de Pathologie de la Reproduction de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon. Et c'est pour nous un agréable devoir de témoigner ici à Monsieur le professeur Bertrand toute notre gratitude. Il nous a donné toute latitude pour travailler dans son laboratoire, il a été pour nous un guide dans nos études ; qu'il veuille bien trouver ici l'expression de notre respectueuse reconnaissance.

Notre plan d'étude sera le suivant :

TITRE I. — *Conceptions classiques :*

Chapitre I. — Bibliographie.

Chapitre II. — Méthodes de dosage.

TITRE II. — *Résultats personnels :*

Chapitre I. — Etude critique de la technique.

Chapitre II. — Variations de la phosphorémie et de la calcémie des vaches normales.

Chapitre III. — Variations de la phosphorémie et de la calcémie des vaches carencées.

Chapitre IV. — Variations de la teneur des os en phosphore et en calcium.

Chapitre V. — Variations de la teneur des poils en phosphore et en calcium.

Chapitre VI. — Résultats numériques.

RÉSUMÉ.

CONCLUSIONS.

TITRE I

LES CONCEPTIONS CLASSIQUES

CHAPITRE I

BIBLIOGRAPHIE

A. — Etat physiologique

1) Sang.

a) *La phosphorémie* a donné lieu à de nombreux travaux et les résultats obtenus sont comparables, compte tenu des différentes techniques employées.

Craige, Johnson, Blackburn et Coffin [19] utilisant la méthode de dosage du phosphore inorganique du sérum de Youngburg trouvèrent des taux allant de 32 mg/L à 63 mg/L.

Liegeois [46] utilisant la méthode de Bell et Doisy cite des chiffres allant de 48 mg/L à 67 mg/L.

Moodie, Marr et Robertson [48] utilisant la méthode de Fiske et Subbarow obtiennent pour les jeunes bovins des taux de 59 mg/L et pour des adultes des taux de 55 mg/L.

Citons encore les chiffres obtenus par les auteurs suivants :

Reihart [51] : 48 mg/L à 54 mg/L.

Derivaux [23] : 30 mg/L à 60 mg/L.

Lesbouyries et Charton [40] : 30 mg/L à 60 mg/L.

Hadleigh, Marsh et Swingle [33] : 43 mg/L de moyenne.

Lamarre [39] : 46 mg/L à 60 mg/L.

Squibb, Guzman [58, 57] : 60 mg/L à 92 mg/L.

Verstraete [63] utilisant la méthode de Von Kuttner et Lichtenstein cite comme chiffres normaux des taux de 50 à 90 mg/L.

Nous n'avons pas à étudier ici les facteurs de variation de la phosphorémie. Soulignons cependant le rôle des glandes à sécrétions internes (parathyroïde), du rein, l'importance de l'alimentation, de l'âge et de l'état physiologique.

b) *La calcémie*, généralement étudiée avec la phosphorémie, paraît plus stable que cette dernière et les chiffres donnés par les différents auteurs sont voisins. La technique de dosage la plus souvent utilisée est la méthode de Kramer et Tissdall modifiée par Clark et Collip [38].

Citons les chiffres obtenus par les différents auteurs suivants :

Liegeois [46] : 114 mg/L.

Reihart [51] : 110 mg/L à 118 mg/L.

Hadleigh et Marsh [33] : 92 mg/L.

Lamarre [39] : 98,5 mg/L à 110 mg/L.

Lesbouyries [40] : 100 à 120 mg/L.

Squibb et Guzmán [57] : 68,5 mg/L à 155 mg/L.

Moodie, Marr et Robertson [48] : 102 mg/L de moyenne chez le jeune bovin et 109 mg/L de moyenne chez le bovin adulte

Roberts, Richards et Smith [54] : 91 mg/L à 105 mg/L.

Kohl [37] avec la technique de Velluz et Deschaseaux rencontre des taux allant de 85 mg/L à 116 mg/L.

Belloir [6] utilisant la technique de Drevon et Mlle Mendon obtient des taux allant de 66 mg/L à 114 mg/L.

Bertrand [8, 9] étudiant la calcémie dans la même série d'expériences, obtient un taux moyen de 104 mg/L.

Les résultats obtenus sont comparables et soulignent les variations de la calcémie suivant les sujets. Les chercheurs se sont plus attachés à multiplier le nombre d'animaux explorés qu'à répéter les prélèvements sur un même animal.

Remarquons enfin avec Liegeois et Derivaux [42] que les chiffres ne valent que pour autant que l'on soit fixé sur l'âge, l'espèce, l'état physiologique, le matériel utilisé et la technique employée.

Nous n'avons pas étudié les facteurs de régulation et nous nous sommes attaché aux variations des taux de la calcémie.

2) Os.

Au point de vue chimique les matières minérales de l'os sec et dégraissé représentent environ 70 % du poids sec et se composent, en majeure partie, de phosphate tricalcique de formule $3 (\text{Po}_4)_2 \text{Ca}_3, 2 \text{H}_2\text{O}$ et de carbonate de chaux CaCo_3 . Ces sels s'y trouvent en simple mélange.

Dans l'ouvrage de Liegeois [46] nous trouvons les résultats suivants fixant la nature et le pourcentage des matières minérales de l'os :

$3 (\text{Po}_4)_2 \text{Ca}_3, 2 \text{H}_2\text{O}$	74,6 %
Ca Co_3	10,4 %
Citrate de Ca	2 %
Lactate de Ca	0,19 %
$\text{Mg}_3 (\text{Po}_4)_2$	0,93 %
$\text{Na}_2 \text{H Po}_4$	2,46 %
Ca et P non combinés mais fixés directement sur le sup- port protéique	8,76 %

Lesbouyries et Charton [40] donnent comme chiffres 17,7 % des matières sèches pour le phosphore et 36 % pour le calcium.

La fraction organique, 30 % du poids sec, comprend, en dehors des éléments médullaires, neurovasculaires et membranux, une substance fondamentale : l'osséine, matière protéique de nature conjonctive.

Nous pouvons distinguer dans l'ostéogénèse, envisagée sous son aspect biochimique, les étapes suivantes : formation du support protéique, adaptation de celui-ci à fixer les sels minéraux, précipitation et intégration de ces derniers à la matière osseuse.

La partie essentielle de la calcification est représentée par la précipitation du phosphate tricalcique, élément minéral majeur de l'os. Cette précipitation résulte d'un enrichissement local en ions Po_4 — — — et secondairement en ions $\text{Ca}++$. Les apports locaux en ions Po_4 — — — sont fonction, pour une faible part, de l'apport sanguin et pour la majorité des ions Po_4 — — — de leur libération à partir des esters phosphoriques organiques sanguins d'une part, d'autre part de la dégradation

jusqu'au stade hexose-1 phosphate d'un hexose phosphate formé aux dépens du glycogène.

3) Poils.

Les dosages sont plus rares. Dans les travaux de Brochard [11, 12] nous relevons que l'évolution du phosphore total des poils du chignon suit de façon très étroite l'évolution du phosphore minéral du sang total ; le calcium suivrait, lui, d'une façon moins étroite. Selon Brochard une différence de phosphorémie ou de calcémie mettrait environ deux mois pour se traduire dans la composition des poils.

La teneur en calcium des poils dépend de nombreux facteurs en général, de la couleur et du niveau du prélèvement en particulier. Les poils noirs seraient plus chargés en calcium que les poils blancs. La teneur en calcium augmenterait, dans d'importantes proportions, de la base à l'extrémité du poil ; les différences étant de l'ordre de 40 % à 70 %.

La teneur en phosphore serait plus stable et indépendante, en particulier, de la hauteur considérée du poil. Citons quelques chiffres exprimés en ‰ du poids sec :

	<i>Poil noir</i>		<i>Poil blanc</i>	
	Ca	P	Ca	P
Base	2,60	0,24	0,49	0,19
Sommet	3,68	0,25	0,83	0,20
Différence	42 %		70 %	

Ces chiffres sont empruntés aux travaux de Brochard [12]. S'il se révélait exact que les teneurs en phosphore et en calcium des poils additionnent les variations et résument l'évolution de la phosphorémie et de la calcémie, ces dosages seraient du plus haut intérêt pour l'appréciation du bilan et le diagnostic des carences phospho-calciques.

B. — Etat pathologique

Ne nous intéressant qu'aux désordres chroniques du métabolisme phospho-calcique nous limiterons notre travail à l'étude des variations des taux de phosphore et de calcium, laissant dans l'ombre l'étiologie et la pathogénie des carences phospho-calciques.

Les théories et les chiffres cités par les différents auteurs sont ici fort divergents.

1) Sang.

a) Theiler et Green [59, 60] étudiant l'aphosphorose des herbivores concluent que la baisse du phosphore inorganique du sérum est un phénomène précoce et constant. Pour ces auteurs, avec la diminution de la phosphorémie les symptômes ostéodystrophiques apparaissent progressivement et quand le taux approche de son minimum les changements cliniques sont les plus accusés. Un taux de 35 mg/L aurait une valeur diagnostique. Il y aurait donc un parallélisme étroit entre la baisse du taux du phosphore et l'aggravation des symptômes cliniques. Dans ce cas le dosage du phosphore minéral dans le sérum sanguin pourrait permettre, à lui seul, un diagnostic précoce de l'aphosphorose des herbivores.

Liegeois [46] est plus circonspect et d'après lui le syndrome humoral n'est pas encore précisé. Il y aurait une baisse de la phosphorémie et un taux de 30 mg/L serait un symptôme d'ostéomalacie.

Verstraete et Cloetens [63] sont d'un avis opposé. Pour eux, le phosphore inorganique n'apparaît pas toujours abaissé chez les sujets rachitiques et des cas de rachitisme, même très prononcé, pourraient s'accompagner d'une phosphorémie normale ou augmentée. Ils ajoutent que sous l'influence du traitement, la phosphorémie évolue différemment et l'on assiste parfois à un abaissement très important du phosphore inorganique, bien que le sujet dénote une amélioration clinique très nette.

Pour ces auteurs, il n'est pas question d'obtenir des renseignements précoces sur l'évolution du rachitisme et de l'ostéomalacie par appréciation de la phosphorémie.

b) Les mêmes auteurs étudiant la calcémie parviennent à des conclusions analogues.

Pour Liegeois [46] la calcémie subirait peu de variations dans les ostéopathies malaciques.

Theiler et Green [59, 60] pensent, également, qu'il n'y aurait pas de modifications.

Pour Verstraete [63] chez les sujets atteints de rachitisme le taux de calcium reste normal mais dans certaines conditions moins favorables on pourrait observer un abaissement du calcium sanguin.

Seule la phosphorémie paraît donc présenter des variations dont le sens n'est pas encore bien établi.

2) Os.

Le rachitisme et l'ostéomalacie sont caractérisés, du point de vue clinique, par une augmentation considérable du taux des matières organiques par rapport aux matières minérales. Ces dernières ne s'élevant qu'à 20 ou 30 pour cent au lieu de 70 pour cent.

Cette chute porte surtout sur le phosphate tricalcique et le carbonate de chaux. Par contre le taux d'osséine est augmenté jusqu'à 50 % au-dessus du taux normal. Ces altérations sont surtout marquées au niveau des épiphyses.

Il en résulte que l'ostéomalacie peut se définir comme une ostéopathie chimiodystrophique malacique caractérisée par un déficit de la minéralisation des os à l'état adulte.

Le rachitisme est une ostéopathie chimiodystrophique malacique caractérisée par un déficit de la minéralisation de la substance pré-osseuse au cours de la croissance.

3) Poils.

Brochard [11, 12] étudiant les variations de la teneur des poils en phosphore et en calcium distingue dans son étude les apports alimentaires déficients en phosphore et en calcium d'une part et déficients en phosphore mais surchargés en calcium d'autre part.

La carence d'apport alimentaire en calcium et en phosphore a pour conséquences une mobilisation compensatrice des réserves squelettiques calciques qui se traduit par une métastase calcique au niveau des poils. Cette mobilisation du calcium ne paraît pas être accompagnée d'une mobilisation notable du phosphore osseux. Nous observons dans ce cas une surcharge en calcium et une déficience en phosphore des poils. La surcharge du régime alimentaire en calcium se traduit par une augmentation de la teneur en calcium des poils, et parallèlement le taux de phosphore des poils s'élève. En effet l'excès de calcium inhibant les parathyroïdes, on observe une diminution de l'élimination rénale de phosphate et une hyperphosphatémie qui se répercute sur la composition des poils. On observe alors une surcharge de poils en phosphore et en calcium. Toujours d'après Brochard les décharges squelettiques de calcium seraient intermittentes, leur mise en évidence dans le sang étant le fait du hasard, alors que les poils totaliseraient ces surcharges calciques temporaires.

Nous donnerons à la fin de ce travail les résultats obtenus sur nos vaches d'expériences. Les données actuelles paraissent néanmoins trop fragmentaires pour pouvoir en tirer des conclusions définitives.

CHAPITRE II

LES METHODES DE DOSAGE

A. — Dosage du phosphore

1) Sang.

Nous avons employé la technique de Briggs pour le dosage des phosphates dans le sang.

Principe : Le sang est déprotéinisé par l'acide trichloracétique. Sur le filtrat on fait agir le réactif molybdique. Le phosphomolybdate jaune produit est réduit par l'hydroquinone et le sulfate de soude. L'intensité de la coloration bleue obtenue est proportionnelle à la teneur du filtrat en ions phosphates.

Réactifs :

— Acide trichloracétique à 20 %.

— Réactif molybdique : dissoudre 25 g. de molybdate d'ammonium dans 300 cm³ d'eau distillée, ajouter 75 cm³ d'acide sulfurique concentré dilué dans 125 cm³ d'eau distillée.

— Solution d'hydroquinone à 1 % en eau distillée ; ajouter une à deux gouttes d'acide sulfurique concentré.

— Solution étalon de phosphates : 4,394 g. de phosphate monopotassique pur (séché sur acide sulfurique) sont dissous dans un litre d'eau distillée. On ajoute 5 cm³ de chloroforme pour la conservation.

Etalonnage : 1 cm³ de la solution étalon de phosphate est dilué dans 100 cm³ ; 1 cm³ de cette solution correspond à 0,01 milligramme de phosphore. On prépare des solutions de concentration connue. On calcule l'absorption de base. La courbe représentative est en principe une droite.

Prélèvements : L'écurie où ont lieu les prélèvements se trouve à 20 m du laboratoire. Entre chaque dosage nos échantillons sont conservés au réfrigérateur à $+4^{\circ}$ environ. La coagulation du sang se produit généralement au bout de quelques heures.

L'exsudation du sérum, chez nos animaux d'expériences, après un certain nombre de prélèvements, est très longue et demande plus de 12 heures. On opère sur le sérum ou sur le plasma non hémolysés. Nous avons utilisé dans nos prélèvements de plasma de l'héparine Choay (pure, sans phénol). D'autres présentations commerciales d'« Héparine » sont impures et contiennent du phénol, ce qui inhibe la coloration.

Technique :

Déprotéinisation :

- 3 cm³ de sérum ou plasma
- 3 cm³ d'acide trichloracétique
- 9 cm³ d'eau distillée

agiter, laisser reposer 5 minutes, filtrer sur filtre sans cendres. Reprendre 5 cm³ du filtrat, ajouter toujours dans le même ordre :

- 2 cm³ de réactif molybdique
- 1 cm³ d'hydroquinone
- 1 cm³ de sulfite de soude
- 11 cm³ d'eau distillée

agiter, laisser à l'obscurité 30 minutes, lire à l'électrophotomètre Meunier, écran 63.

Calculs : On considère, en principe, que la courbe d'absorption est rigoureusement droite. On reporte les résultats sur la courbe établie au début de l'expérimentation.

2) Os et poils.

Nous avons employé la même technique. Seule la préparation du filtrat de départ est différente. On reprend les cendres de 2 g. de poudre d'os ou de poils par 5 cm³ d'acide nitrique et 20 cm³ d'eau. On chauffe, on filtre, on étend à 200 cm³. On fait varier les dilutions pour tomber dans la limite de lecture de l'électrophotomètre.

On prélève 1 cm³ de cette solution, on ajoute les réactifs dans l'ordre habituel et on complète à 20 cm³ avec de l'eau distillée. On procède ensuite suivant la technique déjà envisagée..

B. — Dosage du calcium

1) Sang.

Pour doser le calcium du sérum sanguin nous avons utilisé la méthode de Kramer et Tissdall modifiée par Clark et Collip [38]. Les mêmes prélèvements nous servaient à doser le calcium et le phosphore.

Technique : A 2 cm³ de sérum on ajoute 1 cm³ d'oxalate d'ammonium en solution saturée à 6 % et 2 cm³ d'eau distillée. Laisser reposer au moins 3 heures. Centrifuger 10 à 15 minutes à 1.200 t/mn. Laver 3 fois avec 4 cm³ d'une solution d'ammoniaque à 2 % ; centrifuger et décanter chaque fois. Faire un dernier lavage à l'eau distillée, reprendre le précipité par 2 cm³ d'acide sulfurique normal. Mettre au bain-marie bouillant jusqu'à ce que la température du mélange atteigne 70 à 80°.

Doser par le permanganate $\frac{N}{100}$ jusqu'à apparition d'une teinte rose persistante 1 minute.

1 cm³ MnO₄ K $\frac{N}{100}$ correspond à 0,2 mg. de calcium.

Remarque : Pour le sérum nous n'avons pas éprouvé de difficultés particulières. Pour le plasma, le dosage est impossible lorsque celui-ci est pris en masse ou contient des boules de fibrine, les résultats étant alors complètement faussés.

Du chiffre trouvé nous déduisons la quantité de MnO₄K $\frac{N}{100}$ nécessaire pour colorer un volume égal d'eau distillée (environ 0,02 cm³).

2) Os et poils.

On reprend les cendres de 2 g. de poudre d'os ou de poils par 5 cm³ d'acide nitrique et 20 cm³ d'eau. Chauffer, filtrer, étendre à 200 cm³. De cette solution on prélève 50 cm³ auxquels on ajoute 2 gouttes de rouge de méthyle plus une quantité suffisante d'ammoniaque à 20 % pour obtenir le virage. Si un trouble se produit, on le dissout avec quelques gouttes d'acide formique. On ajoute à la solution 10 cm³ d'oxalate d'ammonium en solution saturée à 6 %. Faire bouillir 10 minutes. Centrifuger, rincer avec l'eau ammoniacale à 2 % jusqu'à ce que les eaux de lavage ne contiennent plus d'oxalate ; puis laver une fois avec l'eau distillée. Dissoudre le précipité dans 25 cm³ d'acide sulfurique N ; chauffer à 90°. Titrer avec

le permanganate $\frac{N}{10}$

1 cm³ MnO₄ K $\frac{N}{10}$ correspond à 2 mg. de calcium.

TITRE II

RESULTATS PERSONNELS

Au début de notre travail nous avons dosé les taux de phosphore et de calcium dans le sang et les os de veaux, en bonne santé apparente, dans le but de mettre au point notre technique d'une part, d'autre part d'obtenir une valeur moyenne des taux de phosphore et de calcium chez les bovins à l'état physiologique. Pour obtenir les taux des animaux malades nous nous sommes adressé à la fois aux vétérinaires ruraux et à l'expérimentation à l'école.

L'étude comparée des prélèvements de sang nous parvenant après plusieurs jours de voyage et ceux recueillis sur place nous a permis de faire des constatations intéressantes.

Nous étudierons successivement la valeur de notre technique, les variations du phosphore et du calcium dans le sang des vaches normales et des vaches carencées. Nous envisagerons, enfin, les remarques faites en passant sur les os et les poils.

CHAPITRE I

ETUDE CRITIQUE DE LA TECHNIQUE

Nous avons réalisé deux prélèvements, chacun de 300 cm³ de sang environ, par semaine. Chaque prise de sang nous permettait d'effectuer 3 dosages à 24 heures d'intervalle. Sur un même échantillon conservé 3 jours au réfrigérateur nous avons constaté de grosses variations du taux de phosphore inorganique du sérum. Au début de notre travail ces variations pour les trois vaches présentaient un certain parallélisme qui nous a amené à examiner notre technique, à souligner l'importance du moment du dosage par rapport au moment du prélèvement et enfin à critiquer notre méthode de dosage.

A. — Importance du moment du dosage par rapport au moment du prélèvement

1) Cette importance est bien connue. Le prélèvement en médecine humaine est fait à jeun et le dosage suit immédiatement la coagulation du sang. En médecine vétérinaire il existe toujours un délai d'envoi du lieu du prélèvement au laboratoire qui effectue le dosage. De plus la physiologie des ruminants rend les prises de sang à jeun impossibles. Tous les dosages mentionnés par les classiques semblent être faits après un certain délai d'envoi et les conditions ne sont pas précisées. On peut estimer, d'une manière générale, que ce délai d'envoi est en moyenne de 24 heures.

2) La calcémie ne semble pas être trop influencée par un certain retard dans le dosage. En effet les chiffres obtenus le jour du prélèvement et ceux obtenus après 3 jours de conservation au réfrigérateur sont, à quelques exceptions près, sensi-

blement les mêmes et les différences constatées peuvent être imputées aux erreurs de dosage (cf. chapitre VI, tableau N° 3).

Il n'en est pas de même pour le dosage du phosphore minéral qui subit de grosses variations dues à l'action des phosphatases. Le problème est encore compliqué par la refixation du phosphore minéral sur les substrats protidiques (cf. chapitre VI, tableau N° 3).

Nos observations sur les prélèvements de sang nous montrent qu'un même prélèvement examiné plusieurs fois à 24 heures d'intervalle présente une variation faible de la calcémie et des écarts importants de la phosphorémie. Nos premières recherches nous donnaient des courbes grossièrement parallèles (cf. chapitre VI, tableau N° 2). Après modification de la technique, les modifications sont moins parallèles mais demeurent énormes et sans lois (cf. chapitre VI, tableau N° 3).

3) *Conclusion* : Le résultat n'est valable que si le dosage suit immédiatement la coagulation, or ceci est presque impossible en médecine vétérinaire rurale.

4) Il était intéressant de savoir s'il y avait déjà transformation du taux du phosphore pendant la coagulation. Nous avons dosé le phosphore dans le plasma dès la récolte du sang, dans le plasma resté en contact avec les hématies pendant la durée de la coagulation et nous avons comparé les résultats ainsi obtenus avec les chiffres trouvés par dosage du sérum. Il y a peu de différences, donc probablement peu d'échanges avec les globules durant le temps de la coagulation (cf. chapitre VI, tableau N° 3). En conclusion, même si la coagulation a duré 12 heures ou plus nous pouvons considérer que le dosage du phosphore dans le sérum dès son exsudation a la même valeur que le dosage dans le plasma.

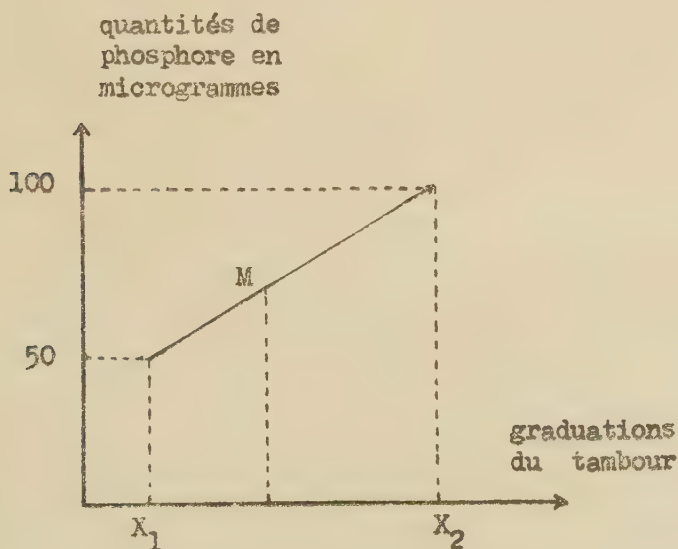
B. — Méthode de dosage

La technique de dosage du phosphore à l'électrophotomètre est aisée mais d'une précision ne dépassant pas 5 %. Zundel [65], étudiant la valeur du dosage, signale de nombreuses causes d'erreurs dues en particulier aux réactifs et à l'électrophotomètre.

Pour diminuer notre marge d'erreurs nous avons modifié la technique de calculs.

Au début nous reportions nos résultats sur la courbe étalon établie au début de nos expériences et refaite à chaque série de réactifs toutes les semaines. Nous obtenions des courbes étalons passant par l'origine.

Nous avons pensé ensuite que le parallélisme grossier observé sur nos premières courbes de variations de la phosphorémie (chapitre VI, tableau N° 2) était dû à des erreurs de dosage et de calculs. Nous avons refait une gamme étalon à chaque dosage et les courbes représentatives ne passaient pas obligatoirement par l'origine. Nous avons alors abandonné la détermination des résultats par lecture des courbes étalons. Nous avons calculé nos résultats à partir de témoins situés autour des résultats probables à calculer. Pour cela on peut considérer que la courbe est rigoureusement droite entre les deux points témoins. On repère donc les solutions inconnues par rapport à ces deux points en prenant le point 50 comme origine. Soit M l'inconnu correspondant à X_3 graduations du tambour.



Soit X_1 et X_2 les graduations du tambour correspondant à des taux de 50 microgrammes et 100 microgrammes de phos-

phore. Entre ces deux points le nombre de graduations de tambour correspondant à une variation de 1 microgramme est :

$$\frac{X_2 - X_1}{50} = X$$

D'où la concentration de M en phosphore est donnée par la formule :

$$M = 50 + \frac{X_2 - X_1}{X}$$

Nous n'avons utilisé que des réactifs frais et cette dernière méthode de calculs pour limiter la marge d'erreur ; néanmoins nous avons obtenu des écarts importants et difficilement explicables dans nos différents dosages de la phosphorémie.

CHAPITRE II

VARIATIONS DU PHOSPHORE ET DU CALCIUM DANS LE SANG DES VACHES NORMALES

A. — Calcémie

Nous ne nous sommes pas attaché à étudier la régulation de la calcémie, mais nous avons noté les variations du taux de calcium en ne retenant que le chiffre du premier dosage fait dès coagulation, soit 300 dosages environ. Nous avons obtenu des taux allant de 80 mg/L à 120 mg/L avec une moyenne de 100,06 mg/L. Ces chiffres sont en accord avec ceux cités par les auteurs classiques (cf. chapitre VI, tableaux N° 1, N° 3).

B. — Phosphorémie

Dans les conditions précédentes, avec la technique modifiée, en ne retenant que le chiffre du premier dosage fait dès coagulation, soit environ 300 dosages, nous avons obtenu des variations considérables de phosphorémie allant de 35 mg/L à 80 mg/L avec une moyenne de 66,1 mg/L. Les chiffres que nous avons obtenus restent dans les limites réputées classiques.

En conclusion nous pouvons dire que la calcémie et la phosphorémie varient dans de larges limites ce qui avait déjà été remarqué. Nous avons limité les causes d'erreurs imputables aux dosages et à la conservation du prélèvement et nous avons pu constater que les variations existent sur différents sujets mais se retrouvent également sur un même sujet en fonction du temps. Un sujet ayant un taux X très bas, près de la limite

considérée comme pathologique, peut très bien avoir quelques jours après un taux Y beaucoup plus fort. Donc cette phosphorémie, ce taux très faible n'est pas significatif d'un début de carence, si, bien entendu, il reste dans les limites considérées à la rigueur comme normales. Nous n'avons jamais obtenu de taux inférieurs à 30 mg/L, pour la phosphorémie, par exemple, taux qui eux seraient peut-être significatifs.

CHAPITRE III

VARIATIONS DU PHOSPHORE ET DU CALCIUM DANS LE SANG DES VACHES CARENCEES

A. — Vaches carencées expérimentalement

1) Conditions expérimentales de la carence.

Durant une période de trois mois nous avons étudié les vaches à l'état normal avant de les carencer. Certaines de ces vaches avaient fait l'objet l'année précédente de la même étude interrompue durant les mois d'été. Puis pendant 5 mois, de février à juin, nous avons nourri ces vaches avec un régime carencé en phosphore. Les vaches étaient en stabulation permanente dans une étable bien éclairée. Nous avons effectué nous-mêmes le dosage du phosphore et du calcium des aliments. Les trois vaches carencées se nommaient Virginie, Delphine et Chataigne. La vache Mathurine nous a servi de témoin pendant toute la durée des expériences de carence. Nous n'avons pas pu opérer sur des vaches fortes laitières, néanmoins un choix judicieux du régime nous a permis d'obtenir une carence effective uniquement en phosphore. Nous allons établir le bilan nutritif et le régime carencé utilisés par exemple pour Virginie : vache pie rouge, âgée de 5 ans, pesant 400 kg environ, non gestante, produisant 8 litres de lait par jour.

Besoins théoriques		U.F.	M.D.P.	P en g. *	Ca en g. *
D'entretien		3,5	240	8	8
De production		2,66	480	12	16
<i>Total</i>		6,16	720	20	24
Apports :					
Foin 5 Kgs		2	250	12,5	2,5
Paille 4 Kgs		1	40		
Betteraves 10 Kgs		1	80		
Pomme de terre 12 Kgs		3	130		
Tourteau d'arachide . . 0,5 Kgs		0,5	200	2,75	0,75
<i>Total</i>		7,5	700	15,25	25,75

* Besoins calculés selon les normes de Morrison.

Ce régime équilibré en unités fourragères, matières protéiques digestibles et calcium est donc carencé en phosphore, déjà nettement si l'on se base sur les normes américaines (Morrison) et très fortement par rapport aux normes françaises (Ferrando).

2) Observation clinique des vaches en expérience.

La répétition des prises de sang, 500 cm³, deux fois par semaine pendant huit mois a entraîné un allongement considérable du temps de coagulation : le sérum ne commençait à exsuder que plus de 12 heures après le prélèvement.

Une de nos vaches, Chataigne, fut carencée en fin de gestation pendant 1 mois, elle accoucha d'un veau début mars, elle l'éleva et il se développa ensuite très normalement. Elle aurait donc dû être particulièrement sensible à la carence en phosphore de sa ration alimentaire.

La composition inhabituelle des rations, parfois la faible appétence du foin donné entraînant un appétit capricieux et une consommation irrégulière, retentirent sur l'état général et la production de nos animaux d'expériences. Sans noter d'amai-

grissement, l'état général était moins bon et le poil moins brillant. La production laitière a baissé très progressivement de sorte qu'en fin d'expérience, les besoins ayant diminué, la carence phosphorique était moins importante qu'au début de l'expérimentation.

Le 28 novembre 1957 la vache Delphine présente une indigestion par corps étranger. Un fil métallique fut retiré par la sonde électromagnétique et le 5 décembre tout était rentré dans l'ordre. Plus tard la vache Virginie fit une péricardite par corps étranger. Les premiers symptômes furent notés le 14 avril et la malade fut abattue le 2 juin. Voici résumés son observation clinique et les dosages de phosphore et de calcium pratiqués pendant sa maladie.

Le 14 avril 1958 l'animal présente de l'inappétence et de l'inrumination ; il est mis à la diète totale.

Le 17 avril la vache présente un ensemble de symptômes inquiétants : inrumination, inappétence, plaintes, douleur au niveau de l'appendice xyphoïde, signe du garrot. On note une température de 39°5 et 80 pulsations cardiaques à la minute. L'animal est toujours à la diète totale.

Le diagnostic de péricardite par corps étranger s'imposant alors, le traitement médical suivant est mis en œuvre :

— Injection intramusculaire de 5 millions d'unités de pénicilline et 3 g. de streptomycine.

— Injection intrapéritonéale de 500 cm³ d'un mélange à parties égales de sulfamides et de sérum glucosé isotonique.

— Injection d'huile camphrée.

Le 22 avril l'animal ne mange toujours pas depuis huit jours ; aucune amélioration n'est remarquée malgré le traitement médical poursuivi les 17, 18 et 19 avril. La température est de 39°5, on note 120 pulsations à la minute. Nous pratiquons alors une gastrotomie et nous extrayons un morceau de fil de fer. Pendant toute cette période la phosphorémie et la calcémie n'ont pas varié sensiblement.

Le 2 avril nous obtenons, en effet, les résultats suivants :

Phosphorémie = 58 mg/L ; Calcémie = 92 mg/L.

Le 22 avril nous obtenons :

Phosphorémie = 57 mg/L ; Calcémie = 99 mg/L.

Le 29 avril l'animal est toujours à la diète pratiquement totale, il broute de temps en temps la valeur d'une poignée de foin ou de paille. On observe des signes très nets de péricardite. La phosphorémie est de 38 mg/L, la calcémie de 100 mg/L.

Le 9 mai l'animal mange toujours très peu. Il est très maigre. On ne note aucune amélioration.

Le 20 mai l'animal décline de plus en plus. Il est cachectique, les masses musculaires ont complètement fondu.

La phosphorémie est de 51 mg/L, la calcémie descend à 90 mg/L

Le 2 juin l'animal n'a absolument rien mangé depuis 15 jours. Il est dans un état lamentable. La phosphorémie remonte à 76 mg/L et la calcémie continue à descendre jusqu'à 77 mg/L.

Nous prélevons différents os et des poils pour examens complémentaires avant abattage.

3) Conclusions.

Sauf pour Chataigne qui accoucha en cours d'expérience, il s'agissait d'animaux à faible production laitière donc difficilement carençables. De plus, ces sujets ne sortant jamais, il était malaisé d'observer un pica éventuel ou des boiteries légères.

Après 5 mois de ce régime alimentaire carencé en phosphore, nous n'avons noté aucun symptôme grave d'ostéopathie. Néanmoins nous avons pu remarquer en fin d'expérience une difficulté certaine au relever.

Durant la même période nous n'avons décelé aucun déséquilibre humoral, aucune chute de la phosphorémie ou de la calcémie. Les signes cliniques d'une carence phospho-calcique paraissent donc pour le moins concomitants avec une baisse éventuelle de la phosphorémie ou de la calcémie.

La vache Virginie a permis de faire des observations intéressantes. Cette vache est restée un mois et demi à la diète presque totale et elle n'a absolument rien absorbé sinon un peu d'eau pendant les 15 derniers jours de sa maladie. Nous avons noté une chute rapide de la phosphorémie à 38 mg/L, puis une remontée jusqu'à 78 mg/L, malgré l'état d'inanition où se trouvait la vache. Dans le même temps nous avons noté une chute constante et progressive de la calcémie qui est passée de 100 mg/L à 77 mg/L.

B. — Vaches carencées naturellement

Certains vétérinaires ruraux ont envoyé au laboratoire du Professeur Bertrand des prélèvements de sang provenant de vaches présentant des symptômes cliniques d'ostéopathie malacique.

Le dosage n'a été fait que plusieurs jours après : il y a donc lieu d'émettre sur la valeur des chiffres obtenus les restrictions envisagées précédemment.

Observation N° 1. — Envoi du Dr Brand, à Tanninges (Haute-Savoie). Exploitation J. à M. ; vache présentant des symptômes d'ostéomalacie : calcémie = 98 mg/L, phosphorémie = 39 mg/L.

Observation N° 2. — Envoi du Dr Bind, à Montier-en-Der (Haute-Marne) Vache forte laitière présentant une paraplégie post partum. Après injection intraveineuse d'une solution de 40 g. de chlorure de Ca, la calcémie est passée de 110 mg/L à 95 mg/L et la phosphorémie de 38 mg/L à 45 mg/L, deux heures après.

Observation N° 3. — Envoi du Dr Bind, à Montier-en-Der (Haute-Marne). Vache laitière fraîche vèlée présentant une faiblesse du train postérieur. Calcémie = 86 mg/L ; phosphorémie = 71 mg/L.

Observations N°s 4 et 5. — Envoi du Dr Brand, à Tanninges (Haute-Savoie). Vaches présentant des symptômes d'ostéomalacie :

Vache Froment :

Phosphorémie = 74 mg/L ; calcémie = 110 mg/L

Vache Fleurie :

Phosphorémie = 83 mg/L ; calcémie = 130 mg/L

Observation N° 6. — Observation recueillie par M. l'Agrégé Ferney lors de la clinique ambulante.

Génisse de 2 ans très maigre, démarche raide sur les pinces, mauvais état général, dysphagie :

Calcémie = 110 mg/L ; phosphorémie = 55 mg/L

Observations N°s 7, 8, 9. — Envoi du Dr Brand, à Tanninges (Haute-Savoie) exploitation cl. M. à C.

Vaches atteintes d'ostéomalacie, boiteries intermittentes, difficulté du relever :

Vache Lison :

Phosphorémie = 78 mg/L ; calcémie = 101 mg/L

Vache Lisette :

Phosphorémie = 88 mg/L ; calcémie = 93 mg/L

Vache Mignon :

Phosphorémie = 83 mg/L ; calcémie = 95 mg/L

Observation N° 10. — Envoi du Dr Brand, de Tanninges (Haute-Savoie). Vache présentant des symptômes d'ostéomalacie :

Calcémie = 98 mg/L ; phosphorémie = 77,5 mg/L

Observation N° 11. — Envoi du Dr Brand, Tanninges (Haute-Savoie). Vache présentant des symptômes d'ostéomalacie :

Calcémie = 109 mg/L ; phosphorémie = 85 mg/L

Observation N° 12. — Envoi du Dd Bind, à Montier-en-Der (Haute-Marne). Vache présentant des symptômes d'ostéomalacie :

Calcémie = 69 mg/L ; phosphorémie = 62 mg/L

Observation N° 13. — Envoi du Dd Bind, à Montier-en-Der (Haute-Marne). Vache présentant des symptômes d'ostéomalacie :

Calcémie = 78 mg/L ; phosphorémie = 61 mg/L

Observation N° 14. — Envoi du Dr Bind, à Montier-en-Der (Haute-Marne). Vache présentant des symptômes d'ostéomalacie :

Calcémie = 65 mg/L ; phosphorémie : 33,5 mg/L

Observation N° 15. — Envoi du Dr Brand, Tanninges (Haute-Savoie). Vache présentant des symptômes d'ostéomalacie :

Calcémie = 98 mg/L ; phosphorémie = 39 mg/L

Observation N° 16. — Envoi du Dr Bind, à Montier-en-Der (Haute-Marne). Vache présentant des symptômes d'ostéomalacie :

Calcémie = 110 mg/L ; phosphorémie = 38 mg/L

Observation N° 17. — Envoi du Dd Bind, à Montier-en-Der (Haute-Marne). Vache présentant des symptômes d'ostéomalacie :

Calcémie = 95 mg/L ; phosphorémie = 45 mg/L

Conclusion. — Il apparaît que l'envoi au laboratoire d'un prélèvement de sang et, par conséquent, le dosage de la phosphorémie et de la calcémie après plusieurs jours de retard n'apporte pas de grande précision au diagnostic des ostéopathies malaciques. Des taux significatifs, inférieurs à 30 mg/L pour la phosphorémie, tels que ceux signalés par Liègeois, n'ont pas été observés. Lorsque nous observons des taux très faibles, comme par exemple 33,5 mg/L (observation N° 14), la vache présente déjà des symptômes cliniques d'ostéopathie malacique. Et inversement sur nos vaches d'expérience, en parfaite santé,

nous rencontrons parfois des taux analogues (Mathurine 13-11-57 : P = 33 mg/L). Le dosage ne semble donc pas avoir la valeur d'un test précoce du diagnostic, l'analyse du sang ne permettant pas de déceler la maladie avant l'apparition des premiers signes cliniques.

CHAPITRE IV

PHOSPHORE ET CALCIUM DANS LES OS

A. — Vaches saines

Au cours de notre travail nous avons eu l'occasion de doser le calcium et le phosphore des os, la calcémie et la phosphorémie d'une même bête. Nous avons réalisé une première série d'observations sur des vaches saines :

Observation N° 1. — Vache :

— Os :

Ca = 27,2 % des matières sèches ;

P = 10,1 % des matières sèches.

— Sang :

Ca = 116 mg/L ; P = 44 mg/L.

Observation N° 2. — Vache :

— Os :

Ca = 19,2 % des matières sèches ;

P = 11,3 % des matières sèches.

— Sang :

Ca = 120 mg/L ; P = 39 mg/L.

Observation N° 3. — Vache :

— Os :

Ca = 18,4 % des matières sèches ;

P = 11 % des matières sèches.

— Sang :

Ca = 112 mg/L ; P = 49 mg/L.

Observation N° 4. — Taureau (envoi du Dr Vét. Pointaire) : sang, os long, tête articulaire :

— Os long :

Ca = 26,1 % ; P = 12 % de matières sèches.

— Tête articulaire :

Ca = 19,7 % ; P = 10 % de matières sèches.

— Sang :

Ca = 89 mg/L ; P = 79 mg/L.

Observations N°s 5, 6, 7, 8, 9, 10. — Nous avons prélevé à l'abattoir un échantillon de sang et un métacarpien sur une série de veaux en excellent état d'entretien :

Os		SANG	
P	Ca	P	Ca
en % de matière sèche		en mg/L	
9,9	22,5	115	110
9,5	23,5	127	120
10,9	21,8	86	110
10,7	22,3	69	112
10,7	21,1	83	120
12,3	21,6	97	148

B. — Vaches carencées

1) A la fin de notre expérience de carence alimentaire nous avons prélevé les os des bêtes carencées et nous avons obtenu les résultats suivants.

Les dosages furent effectués après le dernier prélèvement de sang du 8 juillet 1958.

	HUMIDITÉ en %	MATIÈRES MINÉRALES	PHOSPHORE	CALCIUM
		en % de substances sèches		
<i>Vache témoin :</i>				
Mathurine	7	71	12,2	27,4
<i>Vaches carencées :</i>				
Delphine	8,75	71	11	27,75
Châtaigne	7	70	13	28
Virginie	9	71	12,3	28

2) Sur une même vache nous avons dosé le phosphore et le calcium dans le métacarpien gauche, le métacarpien droit, le métatarsien gauche, le métatarsien droit, le fémur gauche, le tibia gauche. Nous n'avons pas trouvé de différences.

	M.S. %	Mat. minérales		Phosphore		Calcium	
		% Mat. sèche	% Total	% Mat. sèche	% Total	% Mat. sèche	% Total
Métacarpien G. ..	91	69,5	63	12,3	11,2	27,8	25,3
Métaparcien D. ..	91	71	64	12,3	11,2	28,4	25,8
Métatarsien D. ..	91	71,5	65	12,5	11,4	28,5	25,9
Métatarsien G. ..	91	71	64	12,5	11,4	28,4	25,8
Fémur G.	91	71	64,5	12,8	11,6	28,5	25,9
Tibia G.	90,5	68,5	62	12,1	11	27,3	24,8

CONCLUSIONS :

Après 5 mois de carence nous n'avons pas obtenu de différences significatives entre les différentes compositions des os. Un tel dosage n'offre d'ailleurs évidemment pas d'intérêt pour le diagnostic précoce des carences phospho-calciques.

CHAPITRE V

PHOSPHORE ET CALCIUM DANS LES POILS

Après la dernière prise de sang nous avons prélevé sur nos quatre vaches les poils du toupillon de la queue. Nous avons pratiqué deux dosages pour déceler les variations du taux de calcium entre l'origine et la partie distale des poils. Nos résultats sont comparables à ceux cités par Brochard [9, 10] mais ils sont trop peu nombreux pour pouvoir en tirer des conclusions.

TABLEAU DES RESULTATS

	HUMIDITÉ en %	MATIÈRES MINÉRALES	PHOSPHORE	CALCIUM
		en % de la matière sèche		
<i>Vache témoin</i>				
Mathurine :				
partie proximale .	9,6	2,3	0,012	0,35
partie distale	9,6	4	0,032	0,21
<i>Vaches carencées</i>				
Virginie :				
partie proximale .	9,5	2	0,063	0,25
partie distale	8,75	1,8	0,04	0,24
Delphine :				
partie proximale .	9,6	5,2	0,019	0,47
partie distale	9,4	3,5	0,022	0,19
Châtaigne :				
partie proximale .	11,3	2,8	0,03	0,43
partie distale	9,25	2,8	0,12	0,37

CHAPITRE VI

RESULTATS NUMERIQUES

Nous avons groupé ici l'ensemble des résultats obtenus par les techniques précédemment décrites. Des 1.500 chiffres cités nous avons tiré les conclusions dans les paragraphes précédents.

Le tableau N° 1 nous permet d'étudier l'évolution de la phosphorémie et de la calcémie de deux vaches en bonne santé apparente. Les résultats obtenus ainsi que ceux du début du tableau N° 3 nous permettent d'obtenir des chiffres normaux et d'établir des moyennes.

Le tableau N° 2 nous montre les variations du taux de phosphore minéral dans le sérum exsudé d'un même prélèvement de sang. Nous avons continué cette série de dosages avec une technique plus précise dans le tableau N° 3.

Le tableau N° 3 nous permet d'étudier :

a) Les variations du phosphore et du calcium dans le sang des vaches normales et carencées.

b) Les variations des taux de phosphore et de calcium dans un même prélèvement dosé trois jours de suite.

c) Les variations des taux :

— du phosphore inorganique et du calcium du sérum dès coagulation ;

— du phosphore et du calcium du plasma centrifugé dès le prélèvement ;

— du phosphore et du calcium du plasma centrifugé après un temps égal à celui de la coagulation.

Nous espérons ainsi obtenir les variations dues au contact du sérum avec les globules et les différences possibles entre plasma et sérum.

TABLEAU N° 1

Evolution de la phosphorémie et de la calcémie
de deux vaches en bonne santé apparente

Date du dosage	<u>ROUGETTE</u>		<u>VIRGINIE</u>		Date du dosage	<u>ROUGETTE</u>		<u>VIRGINIE</u>	
	Ca	P	Ca	P		Ca	P	Ca	P
Nov. 1956					Fév. 1957				
5	97	72	88	66	1	83	47	101	46
7	98	42	99	97,5	4	130	63	132	69
9	114	58	saillie		6	124	71,5	105	95,5
12	115	49	114	62	8	105	44,5	117	50,5
14	101	58	95	58	11	116	45,5	109	58,5
16	114	88	105	84	13	105	58	120	61
19	120	72	102	96	15	138	50,5	109	61,5
21	123	63	106	41	18	125	87,5	114	86,5
23	114	51	112	49	20	111	81	104	89
28	115	51	97	51	22	95	63	93	82
30	108	38	90	46					
Déc. 1956					Mai 1957				
4	93	69	93	69	10	95	50	90	64
5	90	76	101	73	13	108	43,5	109	58,5
7	89	63	100	63	15	129	81,5	117	103
11	107	48	100	59	20	96	74	93	98
13	102	69	96	68	22	124	38	110	60
15	98	78		79					
18	112	66,5	97	76,5					
20		67,5	95	77,5					
Janv. 1957									
15	100	50	103	60					
17	98	65	106	62,5					
19	89	72	81	74					
21	110	76	93	91,5					
23	115	63	95	73					
25	89	67,5	98	77,5					
28	89	93	92	93,5					
30	105	61	102	67					

TABLEAU N° 2

Variations du taux de phosphore minéral
dans le sérum d'un même prélèvement

<u>DATE</u>		<u>ROUGETTE</u>	<u>VIRGINIE</u>	<u>DATE</u>		<u>ROUGETTE</u>	<u>VIRGINIE</u>
Prise de sang	Dosage	en mg/L	en mg/L	Prise de sang	Dosage	en mg/L	en mg/L
<u>Décembre 1956</u>				<u>Février 1957</u>			
11	11	48	59	1	2	47	56
	13	75	70		5	74	87
	17	74	90,5		7		95
13	13	69	68	4	5	64	69
	17	65	80,5		7	77,5	74,5
	19	81,5	81		9	43	48
15	17	78	79	6	6	71,5	95,5
	19	72,5	76,5		9	44	68,5
	20		88		12		60,5
18	19	66,5	76,5	8	9	44,5	50,5
	20	61,5			12	45	56
<u>Janvier 1957</u>					13	54	64
15	15	50	60	11	12	45,5	58,5
	18	72	77		13	48,5	67,5
	21	87,5	76,5		15	77,5	85
17	17	65	62,5	13	13	58	61
	21	68,5	69,5		16	48	58
	24	60	67,5		19	82	94,5
19	21	72	74	15	16	55	61,5
	24	63	56		19	69,5	78,5
	25	63	63		21	61	83,5
21	21	76	91,5	18	19	87,5	86,5
	24	64	73		21	79,5	89,5
	25	71,5	92		23	83	88
23	23	63	73	22	22	63	82
	27,5	96			27	74	90
	28	77	117	<u>Mai 1957</u>			
25	25	67,5	77,5	10	10	50	64
	28	79,5	91		13	50,5	64
	30	60	71,5		15		67,5
28	28	93	93,5	13	13	43,5	58,5
	30	69,5	68,5		15	42	62
2 fév.		50	63	15	15	81,5	103
5 fév.		94,5	79,5		20	79	118
30	30	61	67		22	52	64
	2 fév.	46	51	20	20	74	98
	5 fév.	65	92		22		55

TABLEAU N° 3

Résultats des dosages effectués pendant l'année 1957-1958

s = sérum

p₁ = plasma centrifugé dès le prélèvement

p₂ = plasma centrifugé après un temps égal à celui de la coagulation

<u>DATE</u>			<u>VIRGINIE</u>		<u>MATHURINE</u>		<u>DELPHINE</u>		<u>CHATAIGNE</u>	
Prise de sang	Dosage		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L	
			P	Ca	P	Ca	P	Ca	P	Ca
<u>Année 1957</u>										
Novembre										
13	15	s	54	95	33	102	66	105	malade	
		p ₁	46	105	62	100	51	89		
		p ₂	66	101	67		55	137		
"	14	s	77	83	68	97	50	107		
		p ₁	70	107	66	112	51	120		
		p ₂	69		68		60			
"	15	s	56	77	60	83	56	86		
		p ₁	61		61		54,5			
18	18	s	53	100	69	102	61	96		
		p ₁	44	128			65	107		
		p ₂	48	105			58	120		
"	19	s	52	124	59	112	59	113		
		p ₁	48	126			48	106		
		p ₂	48	106			48	102		
"	20	s	56,5	110	56	92	62	88		
		p ₁								
		p ₂	53,5	105			48			

TABLEAU N° 3 (suite)

<u>DATE</u>			<u>VIRGINIE</u>		<u>MATHURINE</u>		<u>DELPHINE</u>		<u>CHATAIGNE</u>	
Prise de sang	Dosage		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L	
			P	Ca	P	Ca	P	Ca	P	Ca
Novembre 1957										
21	21	s		92		91	50	40		120
		p ₁	56	115	56	115	53	70	60	111
"	22	p ₂		117	52	118	52	90	62	160
		s	66	119	34	112	56	119		
		p ₁	42	130	39	122	47	135	50	119
"	23	p ₂	51	136	52	110	45	110	54	118
		s	68		64		54		50	
		p ₁	53		50		45		35	
		p ₂	49		43		42			
25	25	s	44	115			51	119	45	114
		p ₁	31	115	49	111	48	115	51	117
"	26	p ₂	33	123	50	114	50	125	51	121
		s	55	113			59	105	57,5	107
		p ₁	42	115	57,5	108	56	135	59	86
"	27	p ₂	42,5	88	58	117	57	84	64	105
		s	40	101			45	85	46	91
		p ₁	44	116	36	87	35	92	45	100
		p ₂	22,5	97	40	100	62	123	50	101
28	28	s				114	malade		52	111
		p ₁	29	106	46	113			43	150
"	29	p ₂			59	104			48	123
		s	62,5	165	57	112			67	106
		p ₁	54	106	50	100			62	108
"	30	p ₂	61	111	53	118			60	101
		s	33		33				40	
		p ₁	46		36				50	
		p ₂	49		39				48	

TABLEAU N° 3 (suite)

DATE		VIRGINIE		MATHURINE		DELPHINE		CHATAIGNE		
Prise de sang	Dosage	mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		
		P	Ca	P	Ca	P	Ca	P	Ca	
Décembre 1957										
2	2	s	67	113	112	malade		122		
		p ₁	67	74	98			112		
"	3	p ₂	69	70	88			126		
		s	68	102	62	110		69	132	
		p ₁	70	106	59	104		57	102	
"	4	p ₂	76	91	59	112		70	104	
		s	67	104	61	90		64	120	
		p ₁	68	112	56	102		54	130	
		p ₂	61	93	58	107		53	120	
5	5	s	71	106	50	109	51	113	65	106
		p ₁	73	97	52	108	47	116	68	101
"	6	p ₂	73	105	58	97	45	113	64	109
		s	43	122	36	110	30	121	43	92
		p ₁	46	129	61	120	59	121	42	92
		p ₂	82	120	61	115	58	120	78	119
9	9	s	64	91	59	105	38	108	57,5	97
		p ₁	67	120	61	106	44	161	58	102
"	10	p ₂	61	112		106	46	104	61	101
		s	59	138	58	116	33	114	48	118
		p ₁	67	104	59	114	36	112	60	111
"	11	p ₂	66	118	31	104		120	59	100
		s	62	100	57	120	36	123	60,5	87
		p ₁	63	118	53,5	114	38	115	56	112
		p ₂	63	113	53	98	38	103	58	103
Année 1958		Janvier								
13	13	s	77	126	78		60	113	malade	
		p ₁	82	136	81	116	59	124		
"	14	p ₂	81	137	76	113	59	126		
		s	86	98	81	82	70	105		
		p ₁	76		75,5	115	59	106		
		p ₂	75,5	116	73	80	59	111		

TABLEAU N° 3 (suite)

DATE		VIRGINIE		MATHURINE		DELPHINE		CHATAIGNE		
Prise de sang	Dosage	mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		
		P	Ca	P	Ca	P	Ca	P	Ca	
Janvier										
13	15	s	75	112	75	91	62	111	malade	
		p ₁	74	106	70	100	65	103		
		p ₂	74	113	71	96				
16	16	s	71	99	65	103	62	100		
		p ₁	69	90	70	94	54	100		
		p ₂	67	112	67	100	46	110		
"	17	s	72	114	66	108	56	112		
		p ₁	66	112	66	103	50	106		
		p ₂	66	107	68	114	70	108		
"	18	s	54	100	53	97	53	97		
		p ₁								
		p ₂	54	107	61	104	90	100		
DEBUT DES CARENCES FEVRIER 1958										
		Virginie vache carencée	Mathurine vache témoin		Delphine vache carencée		Chataigne vache carencée			
19	19	s	64	98	66	93	67	93	43	89
		p ₁	71	106	69	98	63	105	60	101
		p ₂	69	105	66	100	61	111	51	106
"	20	s	40	102	62	102	69	104	62	93
		p ₁	60	98	58	102	66	104	58	103
		p ₂	55	103	64	100	53	104	64	108
"	21	s	62	86	98	94	71	96	63	95
		p ₁	72,5	100	68,5	96	68,5	104	73	102
		p ₂	113	106	63	95		98	76	106
25	25	s	60	112	57	103	48	114	57	112
		p ₁	52	108	57	105	50	93	58	104
"	26	s	55	92	54	98	60	98	58	
		p ₁	57	104	54	108	46	107	54	113

TABLEAU N° 3 (suite)

DATE		VIRGINIE		MATHURINE		DELPHINE		CHATAIGNE		
Prise de sang	Dosage	mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		
		P	Ca	P	Ca	P	Ca	P	Ca	
Février										
25	27	s	59	97	63	100	55	108	67	109
		P ₁	59	111	59	105	51	102	63	102
Mars									accouchée	
4	4	s	75	92	71	87	49	96	53	97
		P ₁	74	138	71	90	48	106	50	95
"	5	s	90	98	75	77	54	97	64	90
		P ₁	83	95	76	82	53	98	60	81
"	6	s	66	103	66	81	49	103	49	95
		P ₁	67	100	73	71	48	113	59	172
11	11	s	50	105	53	78	46	85	49	86
		P ₁	48	109	53	185	34	90	48	99
"	12	s	53	100	62	90	46	95	55	90
		P ₁	52	92	50	92	40	85	50	92
19	19	s	55	80	52	86	50	86	61	82
		P ₁	49	108	45	99	43	105	53	86
"	20	s	53	98	50	100	50	100	60	92
		P ₁	55	87	57	87	48	96	58	87
"	21	s	60	112	54	122	56	112	62	112
		P ₁	62	114	53	112	49	110	59	94
25	25	s	54	98	59	92	55	83	64	90
		P ₁	60	100	61		60	103	65	78
"	26	s	59	100	56	90	53	105	59	98
		P ₁	58	95	62	95	58	118	63	93
"	27	s	57	93	52	92	54	105	57	95
		P ₁	57	103	60	92	58	102	62	94

TABLEAU N° 3 (suite)

DATE		VIRGINIE		MATHURINE		DELPHINE		CHATAIGNE		
Prise de sang	Dosage		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L	
			P	Ca	P	Ca	P	Ca	P	Ca
Avril										
2	2	s	58	92	54	88	58	101	59	97
"	4	p ₁	51	111	46	101	54	104	62	106
		s		91		96		101		89
		p ₁		96		104		113		99
22	22									
		s	57	99	57	90	64	95	50	98
"	23	p ₁	56	112	58	91	65	100	56	105
		s	53	94	60	92	60	95	49	99
"	24	p ₁	53	114	60	92	56	106	51	102
		s	47	98	57	102	58	91	43	93
		p ₁	50	98	53	108	56	105	48	108
29	29									
		s	38	100	52	100	49	102	53	100
"	30	p ₁	33	111	51	102			50	115
		s	38	100	53	98	49	102	52	101
		p ₁	37	119	63	106			53	108
Mai										
"	2	s	36	100	51	96	49	100	49	101
		p ₁								
12	12									
		s	malade		64	108	72		82	96
"	13	p ₁			69	142	64	112		
		s			45	93	53	100	64	100
"	14	p ₁			45	99	51	96		
		s			50	97	54	108	58	98
		p ₁			45	95	51	95		
20	20									
		s	51	90	42	89	55	94	59	100
		p ₁	48	99	49	93	51	104	54	109

TABLEAU N° 3 (suite)

Prise de sang	DATE		VIRGINIE		MATHURINE		DELPHINE		CHATAIGNE	
	Dosage		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L	
			P	Ca	P	Ca	P	Ca	P	Ca
Mai										
20	21	s	46	92	47	85	55	92	59	
"	22	p ₁	49	93	46	95	45	100	59	100
		s	48	120	47	92	52	104	57	95
Juin		p ₁	50	101	48	112	44	115	58	75
2	2		abattue le 2 juin							
		s	78	76						
"	4	p ₁	78	77						
		s	78	80						
18	18	p ₁	78	81						
		s			54	106	50	110	58	101
"	19	p ₁			51	100	48	114	60	112
		s			58	105	55	103	62	100
"	20	p ₁			54	108	54	102	65	110
		s			58	96	60	102	63	103
Juillet		p ₁			51	95	51	110	65	105
2	2	s			53	105	55	119	45	108
		p ₁			67	106	60	114	40	112
"	3	s			54	96	39	110	47	103
		p ₁			57	100	40	107	41	113
"	4	s			57	103	42	114	46	110
		p ₁			57	108	44	117	42	115
8	8	s			34	99	35	95	40	100
"	9	p ₁			38	102	34	99	34	103
		s			40	100	36	99	41	99
"	10	p ₁			40	95	35	88	40	99
		s				105		124		124

RESUME

Notre but initial fut de vérifier si le dosage du phosphore et du calcium dans le sang des bovins pouvait constituer un test pour le diagnostic précoce des déséquilibres phospho-calciques, en général, et des ostéopathies malaciques en particulier. Nous avons obtenu plus de 1.500 résultats de dosage et nous pensons pouvoir en tirer les conclusions suivantes :

I. — Calcium

1) *Calcémie physiologique.*

La technique de dosage de calcium semble valable. Les taux obtenus varient peu dans un prélèvement avec le temps et l'envoi au laboratoire est possible.

Nos travaux confirment les limites classiques de la calcémie, mais dans ces limites le taux varie non seulement d'un sujet à l'autre (comme l'ont montré les chercheurs qui, pour la plupart, ont fait un ou quelques dosages sur un grand nombre d'animaux), mais aussi chez un même sujet d'un jour à l'autre. De sorte qu'un taux à la limite inférieure des taux physiologiques ne veut pas dire pré-carence ou pré-hypocalcémie, car quelques jours après ce taux sera peut-être près de la limite supérieure. Le taux ne devient pathologique que s'il est vraiment en dessous des « limites physiologiques », par contre à l'intérieur de ces limites le taux est physiologique quel qu'il soit.

2) *Calcémie pathologique.*

Après avoir soumis nos animaux à un régime alimentaire carencé en phosphore nous n'avons pas noté de symptômes cliniques d'une part, d'autre part nous n'avons pas observé

de variations de la calcémie, ni de modification des taux de calcium dans les os et les poils ; pour ces derniers nos résultats sont trop fragmentaires pour pouvoir en tirer des conclusions.

Sous contrôle endocrinien rigoureux le calcium sérique ne varie que très tardivement au cours du rachitisme ou de l'ostéomalacie.

Un jeûne prolongé entraîne un abaissement progressif de la calcémie.

II. — Phosphore

1) *Phosphorémie physiologique.*

La technique de dosage du phosphore à l'électrophotomètre ne nous a pas donné entière satisfaction. Il existe une marge d'erreur non négligeable.

La conservation d'une prise de sang plusieurs jours, même au réfrigérateur, entraîne des modifications importantes de la teneur du sérum en phosphore minéral et les dosages antérieurs, effectués après un certain délai d'envoi, sont à considérer avec suspicion.

Le dosage effectué dès coagulation est seul valable et les taux du phosphore dans le sérum et dans le plasma sont comparables. Les limites physiologiques classiques sont très vastes (30 à 90 mg/L) et les variations à l'intérieur de ces limites sans aucune signification. Nous n'avons jamais rencontré de taux inférieurs à 30 mg/L qui, eux, seraient peut-être significatifs. De même que la calcémie, la phosphorémie chez un sujet donne varie, sinon d'un jour à l'autre, tout au moins d'une semaine à l'autre. Le contrôle physiologique de la phosphorémie est peu rigoureux et celle-ci est sujette à des variations accidentelles, ce qui limite considérablement la signification d'un résultat isolé. De plus le seuil de suspicion d'hypophosphorémie varie considérablement suivant les auteurs et des phosphorémies basses sont parfois compatibles avec une santé normale.

2) *Phosphorémie pathologique.*

Après avoir soumis nos animaux à un régime carencé en phosphore pendant 5 mois nous avons constaté des symptômes

cliniques bénins, mais indiscutables, d'ostéopathie ; par contre nous n'avons noté aucune modification humorale significative. La phosphorémie est variable et la carence phospho-calcique peut se traduire par une baisse plus ou moins importante du phosphore inorganique du sérum, mais celle-ci n'est pas toujours observée et elle ne paraît pas précéder les premiers symptômes cliniques. L'appréciation de la phosphorémie ne présente donc, dans ces conditions, aucun intérêt pour le diagnostic précoce des carences phospho-calciques. Enfin la nécessité de suivre l'évolution de la phosphorémie chez un bovin de façon périodique exclut son emploi dans la pratique.

CONCLUSIONS

1) Les dosages du phosphore dans le sang, prélevé depuis plus de 24 heures, ne présentent qu'une valeur très discutable ce qui limite considérablement l'intérêt d'un tel dosage en pratique vétérinaire.

2) La calcémie et la phosphorémie physiologiques des bovins oscillent dans des limites assez larges, non seulement d'un sujet à l'autre, mais aussi chez un même individu en fonction du temps.

3) Au cours du rachitisme et de l'ostéomalacie, l'hypocalcémie et l'hypophosphorémie semblent n'être ni des prodromes valables ni des symptômes constants.

**Vu : LE PROFESSEUR RESPONSABLE
DE L'ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE,
BERTRAND.**

**Vu : LE DIRECTEUR
DE L'ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE,
A. TAPERNOUX**

**Vu :
LE DOYEN
DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE,
A.-H. HERMANN.**

**Vu :
LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,
PIGEAUD.
PROFESSEUR
DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE.**

Vu et permis d'imprimer : Lyon, le 22 Janvier 1959
**LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,
A. ALLIX.**

BIBLIOGRAPHIE

1. ADDA (M.). — Carence en calcium chez les bovins du Pays-d'Auge. Thèse Doct. Vét. Alfort 1949 in *Rec. Méd. Vét.*, 1950, III, 180.
2. ANDERSON (D.K.), GAYLAY (H.), PRATT (D.). — Studies on the chemical composition of bovin blood. *J. of Dairy Sciences*, 1930, XIII, 336-348.
3. AUFFMANN, ROBINSON, WINTER. — Métabolisme du calcium et du phosphore chez les vaches bonnes laitières. *J. of Dairy Sciences*, nov. 1930, XIII.
4. BALLIGAND (P.). — Contribution à l'étude de la fièvre vitulaire. Thèse Doct. Vét. Lyon, 1958, 10.
5. BECK. — Maladies osseuses des bovidés par carence phosphocalcique. Thèse Doct. Vét. Alfort, 1950, in *Rec. Méd. Vét.*, 1951, III, 182.
6. BELLOIR (G.). — Calcémie et phosphatémie chez des bovins entretenus sur les sols acides de la région lyonnaise. Thèse Vét. Lyon, 1955, 5.
7. BERGER (J.). — Calcium, phosphore chez le poulain de la naissance à l'âge de quinze mois. Thèse Doct. Vét. Lyon, 1955.
8. BERTRAND (M.). — Cours magistral année 1956-57 ; année 1957-58.
9. BERTRAND (M.), FERNEY (J.). — Calcémie et calciurie chez les bovins. C.R. Séance de la Société de Biologie, 20 janv. 1958, CLII, N° 1, p. 78.
10. BRIGGS. — Dosage du phosphore minéral dans le sérum. *J. Biol. Ch.*, 1924, LIX, 255.
11. BROCHARD. — Données nouvelles sur les anomalies de la nutrition phosphocalcique des vaches laitières acquises au moyen du dosage du calcium et du phosphore dans les poils. *Bull. Ac. Vét. de France*, nov. 1956, XXIX, N° 9, 465-471.
12. BROCHARD. — Exploration de la nutrition phosphocalcique des vaches laitières au moyen du dosage du phosphore et du calcium dans les poils. C.R. Ac. Agric. Séance du 17 octobre 1956, 663-676.
13. BRAUN W. — Taux des différents constituants sanguins des bovins. *Am. J. Vet. Res.*, oct. 1946, 450.

14. BUTLER (E.J.), NISTLET (O.I.). — Ostéoporose chez des agneaux dans une région de mines de plomb. *J. of Comparative Pathology and Therapeutics*, oct. 1957, 375.
15. CARDASSIS. — Ostéomalacie des bovidés. *Annales Méd. Vét.*, 1937.
16. COLAS (F.). — Aphosphorose des sols et ses conséquences chez les herbivores en pathologie générale. Thèse Doct. Vét. Alfort, 1955.
17. CRAIGE. — Fractionnement dans le sang des bovins au moyen de la précipitation par le fluorure. *Am. J. Vet. Res.*, 1952, XIII, 31, in *Rec. Méd. Vét.*, 1954, 65.
18. CRAIGE (A.H.), JOHNSON (R.B.), BLACKBURN (E.G.), COFFIN (J.M.). — Etude biochimique de trois vaches au part incluant un cas de fièvre vitulaire. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, mars 1949, 36.
19. CRAIGE (A.H.), JOHNSON (R.B.), BLACKBURN (E.G.), COFFIN (J.M.). — Renal Excretion following intravenous injection of calcium salts in the normal cow. *Am. J. Vet. Res.*, juillet 1949, X, 217-220.
20. DALE, GOBERDHAN, BRADY. — Comparison of the effects of starvation and thermal stress on the acid base balance of dairy cattle. *Am. J. Vet. Res.*, avril 1954, XV, 197-201.
21. DEMOLON et MARQUIS. — Le phosphore et la vie. P.U.F.
22. DENNIS, HARLAUGH. — The experimental alteration of blood potassium and calcium levels in cattle. *Am. J. Vet. Res.*, janvier 1948, IX, 20-25.
23. DERIVAUX (J.). — Données actuelles sur la biochimie de l'ossification. *Annales Méd. Vét.*, mai-juin 1948, 129-146.
24. DETWEILER, MARTIN. — The Sulkowitch test as guide in the diagnosis and therapie of bovin hypocalcemia. *Am. J. Vet. Res.*, 1949, X, 201-207.
25. DORMAELS. — Rachitisme du poulain. Thèse Doct. Vét. Alfort, 1957.
26. DRYERRE, GREIG. — Nouvelles recherches sur la pathogénie de la fièvre vitulaire. *The Veterinary Record*, 8 septembre 1928.
27. EARLE (I.P.), CABELL (C.A.). — Blood chemistry of equidæ. *Am. J. Vet. Res.*, juillet 1952, N° 46, XIII, 330-337.
28. EWER, SELLERS. — Aphosphorose des jeunes vaches. *The Vet. Record*, 1950, LXII, 343. In *Rec. Méd. Vét.*, 1951, N° 1, p. 48.
29. FERRANDO. — Calcium et phosphore dans l'alimentation des animaux domestiques. Fiches techniques du Syndicat National Vétérinaire.
30. FINZY. — Contribution à la connaissance des altérations des parenchymes et des organes endocriniens au cours de l'ostéomalacie. *Profilassi*, mars 1939, p. 41-81 in *Rec. Méd. Vét.*, 1945, CXXI, 116-117.

31. FISKE (C.H.), SUBBAROW (Y.). — The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chim.*, 1925, LXVI, 375.
32. GUISLANI. — Pulpe de betterave facteur de cachexie osseuse. Thèse Doct. Vét. Lyon, 1937.
33. HADLEIGH, MARSH, SWINGLE. — Blood phosphorus, calcium, vitamin A in range sheep. *Am. J. Vet. Res.*, juillet 1955, XVI, 418-424.
34. HALSE, KARL. — Hypocalcémie accompagnée par des changements dans le magnésium dans les vaches affamées. *Nordisk Veterinär Medicin*, janvier 1958, X, 1 à 10.
35. HALSE, KARL. — Apparent strengthening of calcium homeostasis in cows starvation of short duration. *Nordisk Veterinär Medicin*, janvier 1958, X, 10-16.
36. KLOTZ. — Carence calcique conditionnée. *Nouvelles Thérapeutiques*, mai 1952, III, 3.
37. KOHL. — Etudes comparées de la composition chimique du sang des mammifères domestiques et de laboratoire. Thèse Doct. Pharmacie, Paris, 1950.
38. KRAMER, TISSDALL, CLARK, COLLIP. — *J. Biol. Chem.*, 1925, LXIII, p. 461.
39. LAMARRE. — Sémiologie du sang des bovidés. *Rec. Méd. Vét.*, février 1933, CIX, 69-98.
40. LESBOUYRIES, CHARTON. — Aphosphorose des sols et ses conséquences chez les herbivores. *Rec. Méd. Vét.*, juillet 1949, CXXV, 289-305.
41. LIEGEOIS, DERIVAUX. — Ostéopathies par mutations calciques chez les animaux. *Annales de Méd. Vét.*, fasc. 4, 1950, 329-336.
42. LIEGEOIS, DERIVAUX. — Hyperphosphorose alimentaire chez le porc. *Annales de Méd. Vét.*, juin 1951, fasc. 4.
43. LIEGEOIS, DERIVAUX. — Calcémie, phosphatémie chez le cheval et le chien à l'état normal. *Actualités Biologiques Belges*, 1943, III, 67.
44. LIEGEOIS, DERIVAUX. — Calcémie, phosphatémie chez les bovidés à l'état normal. *Actualités Biologiques Belges*, 1943, III, 133.
45. LIEGEOIS, DERIVAUX. — Considérations sur l'étiopathogénie des ostéopathies malaciques chez les animaux domestiques. C.R. 2^e congrès international de biochimie de Paris, juillet 1952, 335. In *Cahiers Méd. Vét.*, 1954, VI, 189.
46. LIEGEOIS. — Traité de pathologie médicale des animaux domestiques, 743-801.
47. LIEGEOIS. — Constantes sanguines des équidés, des bovins et du chien à l'état normal. *Annales de Méd. Vét.*, 1945, 89-97. In *Rec. Méd. Vét.*, 1948, N° 8, CXXIV, 375-376.
48. MOODIE, MARR, ROBERTSON. — Calcium et magnésium dans le sérum, phosphore dans le plasma chez les vaches parturientes normales. *J. of Comp. Pathology and Therapeutics*, 1955, LXV, 20-36.

49. MORRISON (F.B.). — Feeds and Feeding Ithaca. New York, The Morrison Publishing Company, 1954.
50. POLONOVSKI, CARTIER. — Le phosphore dans l'organisme. *Bulletin de la Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire*, 1951, XXXIX, 239.
51. REIHART. — Chemical studies of the blood of normal cows. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, janvier 1939, CXIV.
52. RICHARD. — Ostéomalacie des bovidés. Thèse Doct. Vét. Alfort, 1950.
53. ROAZZA. — Ostéomalacie bovine en Tripolitaine. *Revista di Medicina Vet. e Zoot.*, 1949, III, 173. In *Rec. Méd. Vét.*, 1951, 187.
54. ROBERTS, RICHARDS, SMITH. — Test de Sulkowitch. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, nov. 1951, CXIX, 380.
55. RUSOFF (L.), PIERCY (P.L.). — Blood studies of Louisiana dairy cows. *J. Dairy Sciences*, 1946, XXIX, 831-838.
56. SHERRY (B.J.), GRIMPS (T.). — The Ph values, the levels of calcium inorganic phosphorus in the blood serum of normal cattle. *Am. J. Vet. Res.*, 1954, N° 57, XV, 509-510.
57. SQUIBB, BRAHAM, GUZMAN, SCRIMSHAW. — Several blood constituents of five breeds of dairy cattle in Guatemala. *Am. J. Vet. Res.*, janv. 1958, N° 70, XIX, 112-114.
58. SQUIBB, GUZMAN, AGUINE, SCRIMSHAW. — Ten constituents of the blood stream of well fed swine, sheep and horse in Guatemala. *Am. J. Vet. Res.*, juillet 1953, N° 52, XIV, 484-486.
59. THEILER, GREEN. — Aphosphorose des herbivores. *Bull. Ac. Vét. France*, 6 juillet 1933, VI, 271-304.
60. THEILER, GREEN. — Les dystrophies osseuses des animaux domestiques. *Bulletin International d'Epizooties*, 1934, p. 19 à 117.
61. VAUDEY. — Rapports ostéomalacie, hémoglobinurie, stérilité de la vache laitière. Thèse Doct. Vét. Alfort, 1946.
62. VAULANDINGHAN, ANDERSON, BOULING. — Studies of the chemical composition of the blood of dairy cattle. *J. Dairy Sciences*, 1942, XXV, 548.
63. VERSTRAETE (A.), CLOETENS (R.). — Koninklijke Vlaamsche Academie vor Geneeskunde vom Belgie, IV, 6, 1942, 167-216. Considérations cliniques et chimiques sur le rachitisme animal. In *Annales Méd. Vét.*, mars 1943, 83-86.
64. La carence phosphorique, ses répercussions en biologie. Complément aux conclusions générales présentées aux Journées du Phosphore, janvier 1949, P.U.F.
65. ZUNDEL. — Dosage du calcium et du phosphore dans le sang. *Rec. Méd. Vét.*, Alfort, décembre 1957.

TABLE DES MATIERES

Avant-propos	7
TITRE I. — Conceptions classiques	9
<i>Chapitre I.</i> — Bibliographie	9
<i>Chapitre II.</i> — Méthodes de dosage	16
TITRE II. — Résultats personnels	21
<i>Chapitre I.</i> — Etude critique de la technique	23
<i>Chapitre II.</i> — Variations de la phosphorémie et de la cal- cémie des vaches normales	27
<i>Chapitre III.</i> — Variations de la phosphorémie et de la cal- cémie des vaches carencées	29
<i>Chapitre IV.</i> — Variations des taux de phosphore et de cal- cium des os	36
<i>Chapitre V.</i> — Variations des taux de phosphore et de cal- cium des poils	39
<i>Chapitre VI.</i> — Résultats numériques	40
Résumé	51
Conclusions	55
Bibliographie	57

